

Nd-Fe-B 薄膜磁石の作製および磁気特性

馬闌、原佑輔、王斯遠、森迫昭光、劉小晰
(信州大学)

Fabrication and magnetic properties of Nd-Fe-B thin films
Chuang Ma, Yusuke Hara, Siyuan Wang, Akimitsu Morisako, Xiaoxi Liu
(Shinshu University)

はじめに

$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 化合物を主相とする Nd-Fe-B 磁石は鉄を主成分とし、最も重要なハード磁性材料の一つである。Nd-Fe-B 磁石の磁化反転のメカニズムを解明することは、Nd-Fe-B 磁石の最大エネルギー積を改善するに重要である。本研究では、W/Nd-Fe-B/W/Ti 四層膜構造を用いて試料を作製し、磁気力顕微鏡を用いて、薄膜の熱消磁状態及び各磁化残留状態の磁区構造観察によって、高保磁力 Nd-Fe-B 薄膜の磁化機構の解明に試みた。

実験方法

薄膜形成にはパタリング装置を用いて、W(20 nm)/Nd-Fe-B(50 nm)/W(20 nm)/Ti(5 nm)のような構造で試料を作製した。薄膜形成後に 650 °C で 5 分間真空熱処理を施した。

真空熱処理を施した試料を VSM による磁気特性を測定した。MFM を用いて作製した試料の磁区構造を観察した。また、磁区構造の観察で使用した MFM プロブは当研究室で作製した CoFeO 高分解能プロブを用いた。

実験結果

Fig. 1 に測定に用いた試料の垂直方向の磁化曲線を示す。Fig. 2(a)に熱消磁状態の MFM 像を示す。熱消磁状態では、約 30~150 nm の非常に微細な磁区を観察された。この磁区のサイズは断面透過電子顕微鏡で観察した Nd-Fe-B 薄膜の結晶粒子とほぼ同様のサイズである。Fig. 2(b)は試料に+24 kOe の外部磁界を印加し、残留磁化状態での MFM 像を示す。残留磁化状態では、薄膜はほぼ同一磁化方向を持つことを確認できた。Fig. 3 には Fig. 1 の試料よりも保磁力が小さい試料の磁化曲線を示す。Fig. 4 に Fig. 3 で示した試料を+24 kOe の外部磁界を印加し、残留磁化状態で測定した MFM 像を示す。Fig. 4 と Fig. 2(b)を比較すると、保磁力の小さい試料では、残留磁化状態で一部の磁区がすでに反転していることを明らかにした。また、Fig. 2(c)は Fig. 1 で示した試料に+24 kOe から-24 kOe の外部磁界を印加した後の MFM 像を示す。この状態では、反転磁区のサイズは Fig. 2(a)より遥かに大きい、一部の磁区サイズは約 1 μm まで成長し、薄膜結晶粒子の平均粒子サイズより遥かに大きい。このことによって、磁化反転時に、粒子と粒子間に強い交換結合作用があると考えられる。

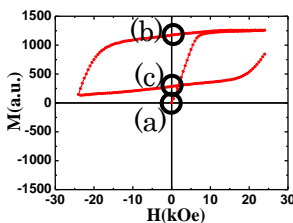


Fig.1 Hysteresis loop of Nd-Fe-B thin film

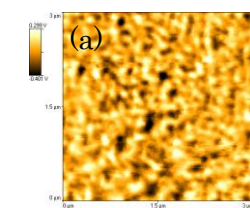


Fig.2(a) MFM image of Nd-Fe-B thin film at Virgin state

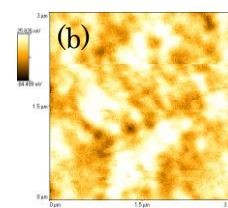


Fig.2(b) MFM image of Nd-Fe-B thin film at +24~0 kOe

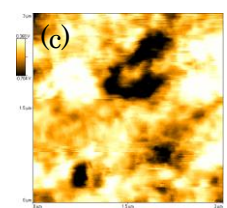


Fig.2(c) MFM image of Nd-Fe-B thin film at -24~0 kOe

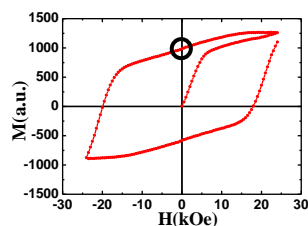


Fig.3 Hysteresis loop of Nd-Fe-B thin film

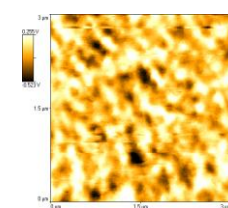


Fig.4 MFM image of Nd-Fe-B thin film at +24~0 kOe